

総合論文

カキ果実の生長第3期における呼吸上昇と 果実の肥大・成熟との関連について

中 野 龍 平
(生産物利用学講座)

Involvement of Respiration Rise at Growth Stage III in Fruit Enlargement and Maturation of Persimmon Fruit

Ryohei Nakano
(Department of Agricultural Products Technology)

Fruit growth of persimmon follows a double sigmoidal curve. With the onset of growth stage III, fruit start their final swell and enter the maturation phase. We investigated the seasonal changes in respiration rates of persimmon fruit in the field condition, and discovered that fruit respiration showed a rapid increase with the onset of growth stage III. This result indicates a possibility that this respiration rise at growth stage III may have a close relationship to final swell and maturation.

calyx lobes are generally agreed to be the gas exchanging site of the fruit. Therefore, by removing the calyx lobes and sealing the scars with Vaseline, we are able to markedly inhibit the respiration rise at growth stage III. As a result, final fruit swell and accumulation of ^{13}C -photoassimilate were visibly reduced. The inhibition of fruit respiration seemed to reduce the sink strength of the fruit, which in turn suppressed fruit growth. It was concluded that the high respiration during growth stage III in persimmon fruit is important for maintaining sink strength for the final swell of fruit.

Gibberellic acid treatment at growth stage II or III delayed fruit coloring and softening. On the other hand, abscisic acid treatment at growth stage II promoted fruit coloring. In connection with these effects, the respiration rise was retarded by gibberellic acid treatment and advanced by abscisic acid treatment. These results suggest that the respiration rise at growth stage III may have a close relationship to the maturation of persimmon fruit.

During the period when the fruit respiration rise at growth stage III was observed, ethylene production rates showed no changes. This suggests that ethylene has no relation to the respiration rise and that the respiration rise is different from that in climacteric fruit.

Key words : persimmon, *Diospyros kaki*, respiration, fruit growth, ripening

Received October 1, 1998

[Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk](#)



Provided by Okayama University Scientific Achievement Repository

1. はじめに

カキ果実は典型的な二重S字型の生長曲線を描き、盛んに生長する生長第1期、生長が緩慢となる第2期、再び活発に生長する第3期と大きく分けて3つの發育相からなる^{15,21)}。第3期には急速な肥大とともに、成熟が進行する。このため、第3期におこる生理的变化を理解し、果実に適切な肥大および成熟の進行を促すことは、高品質な果実を栽培する上で重要なことである。また、早生品種と晩生品種の發育様相を比較した結果、両者の違いは第2期の長さつまりは第3期の開始時期の早晩にあることが知られている²¹⁾。このことから第3期の開始を制御する要因を明らかにすることは、カキ果実の早晩性の解明にもつながる重要な課題である。

しかしながら、同じ二重S字型の生長曲線を描くブドウやモモなどの果実では第3期に糖の急増や酸含量の急減などの変化が顕著にあらわれるのに対して、カキ果実ではこのような急激な変化は認められない。また、バナナやアボカドのように急激な着色や軟化がおこることもなく、カキ果実の第3期の肥大・成熟を制御する機構についてはいまだに不明な点が多い³⁵⁾。さらには、一般的に果実はその成熟特性から2つのグループ、すなわち成熟にエチレンが関与しており成熟時に呼吸の増大がみられるクライマクテリック型の果実と、エチレンの関与や呼吸の増大のみみられないノンクライマクテリック型の果実に分けられるが、カキ果実についてはクライマクテリック型の果実ともノンクライマクテリック型の果実とも異なる性質を有する果実であるという考え方が大勢であり^{12,13,33,34)}、現在のところその成熟特性さえも正確には把握できていない。

筆者らは、カキ果実の呼吸速度を果実が樹上についた状態で測定することにより、果実が第3期にはいると同時に急激な呼吸の上昇がおこることを明らかにし、さらに、この呼吸上昇の第3期の肥大および成熟への関与について調査を行った。本稿では、これら一連の研究を紹介する。

2. カキ果実の發育にともなう呼吸速度の経時的变化

カキ果実の呼吸に関してはこれまでも多くの研究がなされてきた。Eaks⁴⁾は‘蜂屋’果実の呼吸が収穫後クライマクテリック様の上昇を示すことを報告

している。また、Akamine・Goo¹⁾はカキの野生種である *Diospyros discolor* Willd. においてクライマクテリックライズを認めている。一方、岩田ら¹²⁾や森ら¹⁹⁾はこのようなクライマクテリックライズは認めておらず、カキ果実の呼吸型は果実が過熟となる段階で呼吸が上昇する末期上昇型に分類している。以上の報告は収穫後の果実について調査した結果である。果実發育にともなう呼吸の変化については高田³²⁾と板村¹¹⁾により調査されている。いずれの報告においても、果実呼吸は幼果期に高い値を示したのち急速に減少し、その後は呼吸上昇をみせることもなく低い値を推移している。しかしながら、これらの報告においても呼吸速度は採取24時間後に測定されており、その値が樹上での果実の生理状態を反映しているかどうかは明らかではなかった。そこで、果実發育の初期段階から成熟段階に至るカキ果実についてその樹上での呼吸速度を経時的に調査した³⁹⁾。

実際には、携帯用光合成測定装置(LI-6200, Licor社)を用い果実が樹上についた状態で付属のチャンバー内に密封することにより測定した。あるいは、予備実験により樹上での呼吸速度と変わらないことを確認した上で、果実を採取し採取直後に携帯用光合成測定装置を用いることにより測定を行った。その結果、カキ果実の呼吸速度は、生長の盛んな第1期に高い値を示した後、第1期から第2期にかけて徐々に減少し、第2期後半には測定開始時の5分の1近くの値にまで低下した(Fig. 1)。ところが、果実が第3期にはいると同時に呼吸速度は急激に上昇し、その後収穫期まで高い値を推移した。カキ果実は第3期にはいると急速に肥大と成熟を開始する

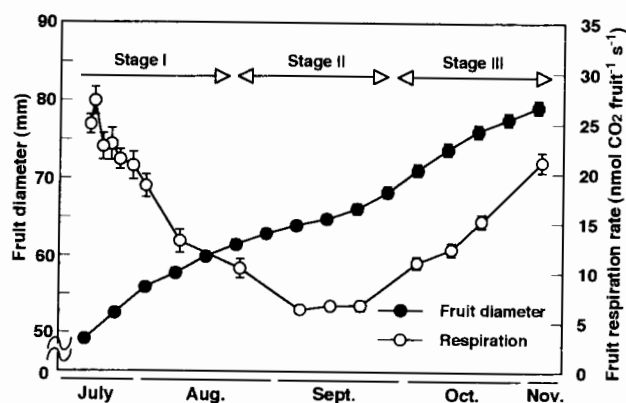


Fig. 1 Seasonal changes in fruit growth and respiration rates of persimmon. Respiration rates were measured immediately after fruit were picked.

ため、本実験で観察された呼吸上昇の第3期果実肥大や成熟への関与については大変興味を持たれた。この呼吸上昇は調査したカキ数品種いずれにもみられる現象であり、カキ果実共通の性質であると思われた。また、先にも述べたとうり晩生品種ほど第3期の開始がおくれるが、これに対応するように呼吸上昇の時期も晩生品種ほどおそくなる傾向があり、このことから呼吸上昇の果実肥大や成熟への関与、さらには果実の早晩性への関与の可能性が考えられた。

3. 呼吸上昇と果実肥大

1) 果実におけるへた片の役割

へた片は果実の発育を制御する重要な組織であり、へた片を除去すると果実肥大が抑制されることはよく知られている^{15,17,20}。へた片の果実肥大に対する重要性は幼果期ほど高く、第1期および第2期のへた片除去処理により果実肥大は著しく抑制されるが、第3期の処理では処理の影響はみられない²⁰。へた片における同化作用など、へた片の機能に関してはこれまでに多くの研究がなされてきたが^{6,10,23,38}、いずれの研究もへた片の果実肥大への役割を説明づけるには至っていない。カキ果実は果面に気孔をもたず、へた片には気孔が多数存在していることから、へた片が果実の呼吸や蒸散におけるガス交換の場として重要な役割を担っている可能性が指摘されている^{15,36}。そこで、第1期あるいは第3期にへた片除去処理した果実について呼吸速度や果実内ガス組成を調査した^{9,25,39}。

その結果、第1期のへた片除去処理により呼吸速度は処理後10日間ほどの間に0近くの値にまで低下し、その後も収穫期まで低い値を推移した(Table 1)。また、組織内の酸素濃度が著しく低下していた。こ

のことから、へた片は果実におけるガス交換の場として重要な役割を担っており、へた片を除去すると果実内への酸素の取り込みができなくなるために呼吸活性が低下したものと思われた。一方、第3期のへた片除去処理では呼吸速度にも組織内ガス組成にも処理の影響はみられなかった。しかしながら、へた片除去後の切り口を流動パラフィンで塞ぐと果実の呼吸速度は急減した。第1期へた片除去処理果実ではこのような流動パラフィンの影響はみられず、第1期へた片除去果実はすでに切り口が閉鎖されているものと推察された。つまり、第1期処理ではへた片除去後その切り口が自然に塞がったためにガス交換が阻害されたが、第3期処理では切り口が塞がらないために呼吸の抑制がおこらないものと思われた。

以上より、へた片は果実におけるガス交換の場として重要な役割を担っており、果実呼吸の大部分はへた片を介して行われていることが明らかとなった。また、第3期の処理のようにへた片を除去してもその切り口が塞がらなければ、切り口が果実のガス交換の場としての役割を果たすことが分かった。

2) へた片除去+ワセリン処理による呼吸上昇の抑制が果実肥大に及ぼす影響

前項の結果から、カキ果実の呼吸はその大部分がへた片を介して行われていることが明らかとなった。そこで、カキ果実のこのような特性を利用し、第3期の呼吸上昇を直接的に抑制することを試みた。すなわち、第3期の呼吸上昇時に、果実が樹上についた状態でへた片を除去しさらにその切り口にワセリンを塗布することにより(ワセリン処理)、果実呼吸を抑制した。そして、この呼吸抑制処理が第3期の果実肥大や成熟へ及ぼす影響を調査することにより、第3期呼吸上昇の果実肥大および成熟への関与を検

Table 1 Effect of calyx lobes removal and scar sealing with liquid paraffin on the respiration rates of persimmon fruit

	Respiration rate ^{a)} (nmol CO ₂ fruit ⁻¹ s ⁻¹)	
	Just before sealing	Soon after sealing
Calyx lobe removal at Stage I ^{b)}	11.94±1.26 ^{c)}	10.03±1.07
Calyx lobe removal at Stage III ^{b)}	20.91±2.32	9.31±1.15

^{a)} Respiration rates were measured on 2 Nov. before and after scar sealing with liquid paraffin at the ambient temperature.

^{b)} Calyx lobe removal was conducted on 19 July (stage I) or on 3 Oct. (stage III).

^{c)} Mean±SE (n=7).

討した^{25,29)}。

前章までの結果と同様に、無処理の果実では第3期にはいり急速な肥大と成熟が開始すると同時に、急激な呼吸の上昇がみられた(Fig. 2)。また、第3期の処理のためヘタ片除去処理だけでは呼吸速度、果実生長ともに変化なかった。しかしながら、ワセリン処理によりヘタ片除去後の切り口を閉鎖することで、処理直後から呼吸速度は著しく抑制され、第3期の呼吸上昇もみられなかった。その際、果実の成熟に変化はなかったが、果実肥大は著しく抑制されており、呼吸上昇が第3期の果実肥大へ密接に関与していることが明らかとなった(Fig. 3)。また、乾物率が無処理の果実と比べ減少しており、特に同化産物の転流が抑制されていることが示唆された。

3) 生長第3期における果実呼吸の果実のシンク力に対する役割

カキ果実において、第3期になると果実への同化産物の分配が枝や葉に比べ著しく増加することが報告されている³¹⁾。また、果実の乾物率が増加することも明らかになっており^{8,27)}、第3期の急速な果実肥大には同化産物の蓄積の活発化が深く関係しているものと思われる。近年、トマトの幼果において果実呼吸と果実のシンク力のつまりは同化産物を蓄積する力との間に密接な関係が存在することが報告されており⁵⁾、カキ果実においても第3期の高い呼吸活性が

果実のシンク力の形成に重要な役割を果たしている可能性が考えられた。そこで、第3期の果実呼吸の果実のシンク力への関与について¹³Cをトレーサーとして用いた実験により調査した^{22,24)}。

第3期の果実にヘタ片除去処理を行い、一部の果実についてはヘタ片除去後さらにヘタ座にワセリンを塗布しその切り口を塞いだ(ワセリン処理)。処理の翌日にヘタ片除去処理、ワセリン処理および無処理の果実をそれぞれ3果程度着果した結果母数本を選び、結果母子の基部を環状剥皮した後、結果母子全体を透明なポリエチレン袋で密封被覆し、約4時間¹³CO₂を葉に同化させた。同化後1, 3, 6日目に各処理果実をサンプリングし、¹³C atom % excessと¹³C蓄積量を調査した。その結果、果実肥大にはまだはっきりとした差が現れていない時期から、ワセリン処理により果実の¹³C atom % excess、¹³C蓄積量とも著しく抑えられた(Fig. 4)。このことは、処理の翌日に同化させた同化産物の転流がワセリン処理により抑制されていることを示しており、ワセリン処理により果実のシンク力が低下していることが明確となった。つまり、第3期の高い呼吸活性は果実のシンク力を維持する上で不可欠なものであることが分かった。また、第3期の呼吸上昇が果実の代謝活性を増大し、その結果、果実のシンク力が強まり急速な果実肥大が開始されるものと推察された。

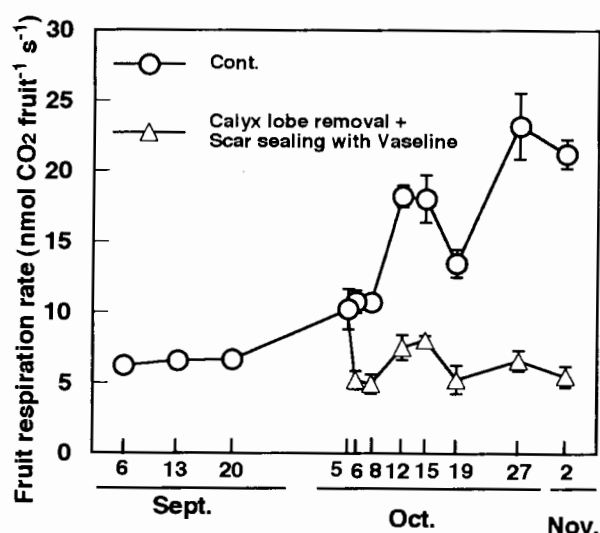


Fig. 2 Effect of calyx lobes removal and scar sealing with Vaseline on fruit respiration rates of persimmon. Calyx lobes were removed at stage III (Oct. 5) and the scars were sealed with Vaseline immediately after lobe removal.

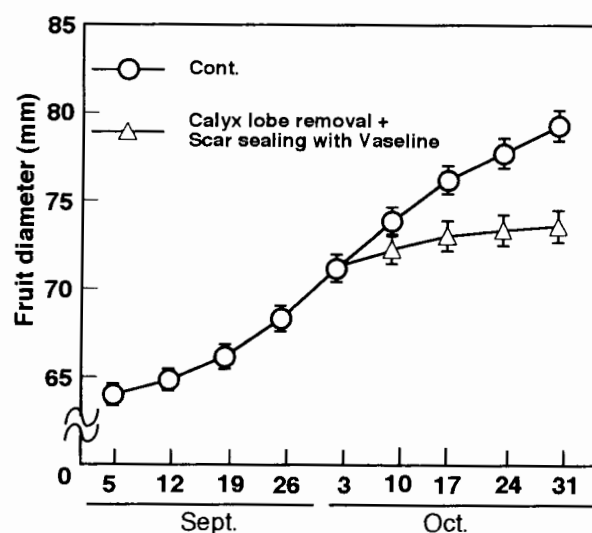


Fig. 3 Effect of calyx lobes removal and scar sealing with Vaseline on fruit growth of persimmon. Calyx lobes were removed at stage III (Oct. 5) and the scars were sealed with Vaseline immediately after lobe removal.

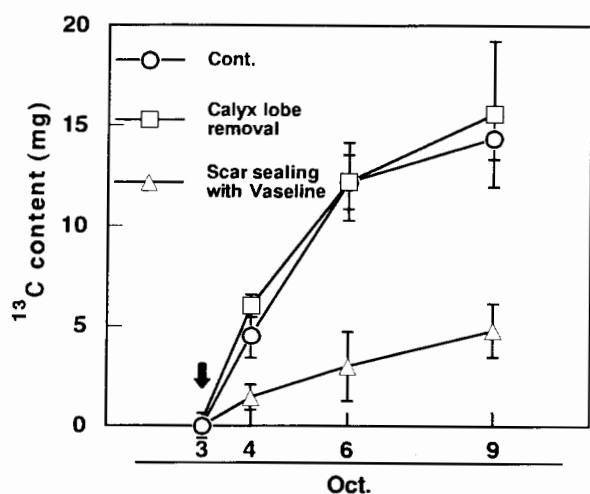


Fig. 4 Effect of calyx lobes removal and scar sealing with Vaseline on total ^{13}C content of fruit pulp tissue. Calyx lobes were removed at stage III (Oct. 2) and the scars were sealed with Vaseline immediately after lobe removal. $^{13}\text{CO}_2$ was fed on the day after treatment (Oct. 3), and total ^{13}C content was measured on days 0, 1, 3 and 6 after the ^{13}C -feeding.

4. 生長第3期の呼吸上昇と成熟

1) ジベレリン処理およびアブシジン酸処理の影響

果実の発育に内生植物ホルモンの動向が関係していることはよく知られている。カキ果実においてもオーキシン、サイトカイニン、ジベレリンは果肉細胞の分裂や肥大に関係し果実生長に強く影響を及ぼしており、エチレンとアブシジン酸は落果や成熟に関係しているといわれている^{7,30,35}。鄭³⁵は成熟と植物ホルモンの関係について詳細な実験を行い、成熟にはアブシジン酸含量の増加とジベレリン様物質の活性低下が関係していることを報告している。また、外生の植物ホルモン処理が果実の成熟に及ぼす影響については、ジベレリン処理により成熟が抑制され^{2,14,35}、アブシジン酸処理により成熟が促進されることが報告されている^{18,35}。そこで、外生的にジベレリン処理とアブシジン酸処理を行い、これらの処理がカキ果実の成熟に及ぼす影響について調査するとともに、第3期の呼吸上昇に及ぼす影響についても調査し、呼吸上昇と成熟との関連について検討した²⁶。

ジベレリン処理は葉面散布により行った。アブシジン酸処理は葉面散布処理では落葉による二次的な影響が懸念されるので、50%エタノール溶液と組み合わせることにより、直接果実に処理した。その結

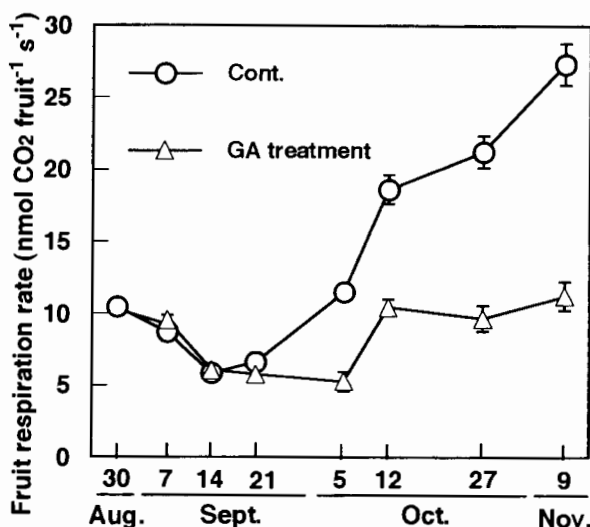


Fig. 5 Effect of gibberellic acid (GA) treatment on fruit respiration rates of persimmon. GA was applied 5 times during growth stage II.

果、ジベレリン処理によっては、第2期に処理した場合も第3期に処理した場合も、成熟は着色・軟化の両面において顕著に抑制された。また、その際、呼吸速度も無処理の果実と比べ著しく低下した (Fig. 5)。特に、第2期にジベレリン処理した場合には、第2期の期間中は無処理の果実とジベレリン処理果実の間で差がなかったが、第3期に入り無処理の果実が急激な呼吸上昇を示したのに対して、ジベレリン処理した果実の呼吸速度は第2期後半の低い値が続いており、まさに第3期の呼吸上昇が抑えられるといった結果であった。一方、アブシジン酸処理によっては、第3期の処理では処理の影響はみられなかったが、第2期処理により着色が促進された。その際呼吸速度も、第3期処理では影響がなく、第2期処理では呼吸上昇が促進された (Fig. 6)。

このように、ジベレリン処理あるいはアブシジン酸処理によりカキ果実の成熟がそれぞれ抑制および促進されると、第3期の呼吸上昇も同様に抑制および促進されることが明らかとなり、第3期の呼吸上昇がカキ果実の成熟に密接に関与していることが示唆された。

2) 呼吸上昇とエチレン生成

モモ、リンゴ、バナナ等のクライマクテリック型の果実においては、成熟時に呼吸の急激な増加すなわちクライマクテリックライズがおこる。これらの果実では成熟にともなう呼吸上昇にはエチレンが関

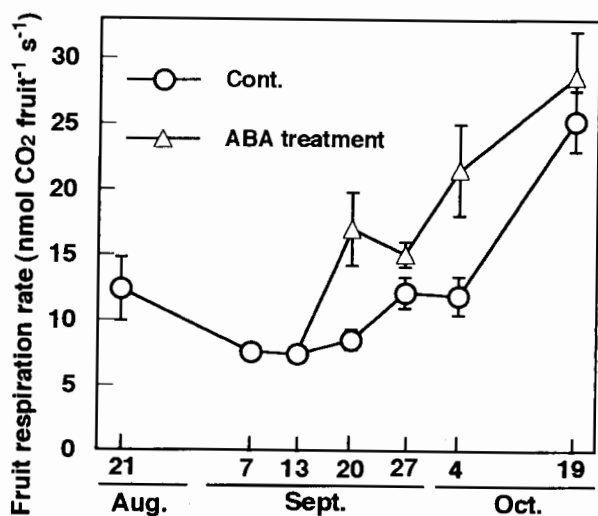


Fig. 6 Effect of abscisic acid (ABA) treatment on fruit respiration rates of persimmon. ABA was applied once at growth stage II (Sept. 13).

与しており、呼吸上昇と同時にエチレン生成も急増することが知られている。カキ果実においても第3期の成熟開始と同時に呼吸の急増がおこることが明らかとなったが、この呼吸上昇がクライマクテリック型果実でおこる呼吸上昇と同じ性質のものであるかどうかは興味深い点である。そこで、第3期の呼吸上昇時に果実が樹上についた状態で呼吸速度とエチレン生成量を経時的に測定することにより、第3期呼吸上昇へのエチレンの関与について調査した²⁵⁾。

エチレン生成量は樹上で果実をポリ容器に密閉した後、その容器を通気することにより果実が生成するエチレンを過塩素酸水銀に捕集し、ガスクロマトグラフィーを用いて測定した。呼吸速度は、前章までの結果と同様に、第3期に入り成熟を開始すると同時に急激な上昇を示し、その後も高い値を維持した (Fig. 7)。一方、エチレン生成量は $0 \sim 0.1 \mu\text{l fruit}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ という低い値を推移し、クライマクテリック様の上昇はみられなかった。果実が過熟にいたる11月15日にはエチレン生成量は急増しており、カキ果実のエチレン生成は末期上昇型であるものと思われた。小川ら²⁸⁾も成熟期から過熟期にいたるカキ果実の組織内エチレン濃度を採取直後の果実について調査し、成熟期にはエチレン濃度に増加がみられないことを報告しており、樹上でのエチレン生成を調査した本実験の結果を支持している。

このように、第3期の呼吸上昇の前後において内

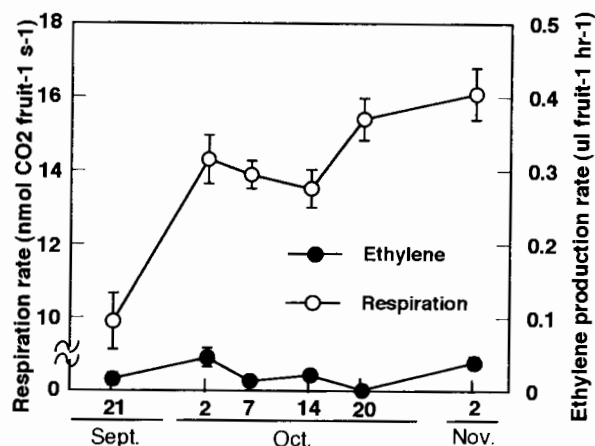


Fig. 7 Changes in respiration rates and ethylene production rates of persimmon fruit. Respiration rates and ethylene production rates were measured with fruit attached to the tree.

生のエチレン生成に大きな変化はみられず、第3期呼吸上昇にエチレンは関与していないものと考えられた。また、呼吸上昇自体の様相も典型的なクライマクテリック型の果実のものとは違うことから、この第3期呼吸上昇はクライマクテリックライズとは異なるものであると判断された。ただ、エスレルを葉面散布処理するとカキ果実の成熟が若干促進されるが³⁷⁾、その際に呼吸速度も高くなることが分かっており、エチレンとカキ果実の成熟あるいは呼吸の間にはより複雑な関係が存在するものと思われる。

5. おわりに

本稿では、カキ果実の呼吸速度を果実が樹上に付いた状態で測定することにより、果実が生長第3期にはいると同時に急激な呼吸上昇がおこることを明らかにし、さらにその呼吸上昇の第3期の果実肥大や成熟への関与について調査した。筆者らによる一連の研究を紹介した。

呼吸上昇と果実肥大との関係については、ヘタ片除去後その切り口にワセリンを塗布することにより (ワセリン処理) 呼吸上昇を抑制した場合に果実肥大や果実のシンク力も顕著に抑制されたことから、呼吸上昇が果実肥大に密接に関与していることが明確に示された。一般に、呼吸は転流されてきた同化産物をただ単に消費し、呼吸量が多いと器官の生長が劣り、収量が減少すると考えられている¹⁶⁾。果実においても、バレンシアオレンジでは収穫時に小果となった果実は大果となった果実に比べ発育中の呼吸

速度が高かったことが報告されている³⁾。一方で、果実呼吸が果実におけるシンク力の形成に重要な役割を担っていることを示唆する報告がいくつか発表されている^{5,29,40)}。しかしながら、これらの報告は環状剥皮により同化産物の転流を抑制すると果実呼吸が減少したという報告や⁵⁾、果実呼吸の日変化と同化産物の転流の日変化が一致するといった報告であり⁴⁰⁾、いずれも間接的な形で果実呼吸のシンク力への関与の可能性をほのめかしているにすぎなかった。これには、果実が樹上に付いた状態で果実呼吸だけを直接的に制御するのが困難なことが関係しているものと思われた。筆者らは果実呼吸の大部分がヘタを介しておわれているというカキ果実の特性を利用し、ワセリン処理を行うことにより、果実が樹上に付いた状態でカキ果実の呼吸を直接的に抑制することに成功した。その結果、呼吸抑制により果実肥大や果実のシンク力が著しく低下することが明らかとなり、果実呼吸の果実肥大や果実のシンク力への重要性が明確に示された。このように直接的に果実呼吸の果実肥大や果実のシンク力への重要性を証明した報告はなく、この意味において今回の結果はカキ果実の第3期果実肥大という面からだけでなく、果実全般の発育生理の面からみても意義のある結果であるといえる。

一方、果実呼吸と成熟との関係については、果実肥大との関係ほど明確な結果は得られなかった。ジベレリン処理およびアブシジン酸処理による成熟制御とそれに対応する呼吸速度の変化から、呼吸上昇が成熟に関与している可能性は示唆されたが、ワセリン処理により呼吸上昇を抑制しても成熟には影響はみられず、呼吸上昇と成熟との関係は不明確であった。また、エチレンとの関係についても呼吸上昇がクライマクテリックライズとは異なる性質のものであることは明らかとなったが、エスレル処理した果実の呼吸速度が上昇することなどを考えると、エチレンと果実呼吸との間にはより複雑な関係が存在しているように推察された。以上のように、果実呼吸と成熟との間に明確な関係をみいだすことができないのは、カキ果実特有の成熟特性のためであると思われる。つまり、カキ果実の成熟特性はクライマクテリック型の果実ともノンクライマクテリック型の果実とも異なるものであり、また、樹上に着生した状態で果実肥大と平行して成熟が進行するために、

その性質を把握することが困難である。しかしながら、このように特別な存在であるカキ果実の成熟特性を解明することができれば、カキ果実自体の栽培方法や貯蔵方法の改善につながるだけでなく、その成熟特性をクライマクテリック型あるいはノンクライマクテリック型果実の成熟特性と比較検討することにより、果実成熟という現象をより深く理解できるのではないかと、そして、クライマクテリック型とノンクライマクテリック型という従来の枠組みをこえた新しい観点による果実成熟へのアプローチが可能となるのではないかと期待している。

6. 摘 要

カキ果実が生長第3期に入ると急速に肥大し、成熟を開始することはよく知られている。筆者らはカキ果実が第3期にはいると同時に果実呼吸が急激に上昇することを明らかにするとともに、この呼吸上昇の果実肥大や成熟への関与を調査し、以下のような知見を得た。

1) カキ果実の樹上における呼吸速度を経時的に調査した結果、果実が第3期にはいると同時に果実呼吸が急激に上昇することが明らかとなり、この呼吸上昇の果実肥大や成熟への関与に興味を持たれた。

2) カキ果実の呼吸はその大部分がヘタを介して行われていることに注目し、ヘタ片除去後その切り口をワセリンを塗布することにより(ワセリン処理)第3期の呼吸上昇を抑制したところ、果実肥大も著しく抑制され、呼吸上昇が果実肥大に密接に関与していることが明らかとなった。

3) ワセリン処理により¹³C atom% excess, ¹³C蓄積量ともに著しく抑制されており、ワセリン処理による呼吸抑制が果実のシンク力を低下させることが明らかとなった。つまり、第3期の高い呼吸活性は果実のシンク力形成において重要な役割を果たしていることが明確に示された。

4) ジベレリン処理およびアブシジン酸処理によりカキ果実の成熟をそれぞれ抑制および促進すると、呼吸上昇もそれぞれ抑制および促進されており、第3期の呼吸上昇がカキ果実の成熟に関与している可能性が示唆された。

5) 第3期の呼吸上昇時にエチレン生成量には変化がなく、第3期の呼吸上昇にはエチレンが関与していないものと思われた。つまり、第3期の呼吸上

昇はクライマクテリックライズとは性質のことなるものであると判断された。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり京都大学農学部杉浦明教授、米森敬三助教授および鳥取大学農学部板井章浩助手に多大なる御教示と御助力を戴いた、記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) Akamine, E. K. and T. Goo : Carbon dioxide and ethylene production in *Diospyros discolor* Willd.. HortScience, **16**, 519 (1981)
- 2) Ben-Arie, R., H. Bazak and A. Blumenfeld : Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits. Acta Hort., **179**, 807-813 (1986)
- 3) Blanke, M. M. and J. P. Bower : Small fruit problem in *Citrus* trees. Trees, **5**, 239-243 (1991)
- 4) Eaks, I. L. : Ripening and astringency removal in persimmon fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **91**, 868-875 (1967)
- 5) Grange, R. I. and J. Andrews : Respiration and growth of tomato fruit. Plant Cell and Environ., **18**, 925-930 (1995)
- 6) Hirano, K., K. Yonemori and A. Sugiura : Involvement of sugar metabolism in persimmon growth inhibition by calyx lobe removal. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **120**, 75-77 (1995)
- 7) 平田尚美・林 真二・田辺賢二 : カキ果実の発育ならびに成熟に関する生理学的研究 V. 果実の発育と内生のオーキシシン, ジベレリン, サイトカイニン, アブシジン酸およびエチレン含量との関係. 鳥取大学農学部研究報告, **30**, 26-27 (1978)
- 8) 今岡 昭・平佐聡尚 : カキ '西条' における果実の肥大および乾物率の推移について. 園芸学会雑誌, **60** (別 2), 144-145 (1991)
- 9) 板井章浩・米森敬三・杉浦 明 : ヘタ片除去がカキ果実の CO₂ 交換速度及び¹³C 光合成同化産物の転流に及ぼす影響. 園芸学会雑誌, **62** (別 2), 130-131 (1993)
- 10) Itai, A., K. Yonemori and A. Sugiura : Changes in water relations as related to the growth inhibition of persimmon fruit by calyx lobes removal. Acta Hort., **436**, 355-364 (1997)
- 11) 板村裕之 : カキ果実の成熟特性と貯蔵性. 園芸学会平成元年度秋季大会シンポジウム講演要旨, 126-135 (1989)
- 12) 岩田 隆・中川勝也・緒方邦夫 : 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第 1 報) カキ果実における呼吸の Climacteric の有無. 園芸学会雑誌, **38**, 195-201 (1969)
- 13) 岩田 隆・大亦郁子・緒方邦夫 : 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第 2 報) 収穫果実の呼吸型とその分類. 園芸学会雑誌, **38**, 279-287 (1969)
- 14) Kitagawa, H., A. Sugiura and M. Sugiyama : Effect of gibberellin spray on storage quality of kaki. HortScience, **1**, 59-60 (1966)
- 15) Kitagawa, H. and Glucina, P. G. : Persimmon culture in New Zealand. Science Information Publishing Centre, Wellington (1984)
- 16) Lambers, H. : Respiration in intact plants and tissues : Its regulation and dependence on environmental factors, metabolism and invaded organisms. In Higher plant cell respiration (Douce, R. and D. A. Day eds), pp. 418-473, Springer-Verlag, Berlin (1985)
- 17) 前田 知 : 柿果実におけるヘタの組織学的ならびに生理学的研究. 徳島県果樹試験場特別報告, **2**, 1-51 (1968)
- 18) 松井鑄一郎・松村博行・禿 泰雄 : 天然型アブシジン酸がブドウおよびカキの着果と成熟におよぼす効果. 園芸学会雑誌, **61** (別 1), 118-119 (1992)
- 19) 森 健・伊坂 考・村岡信雄 : カキ '平核無' 果実の呼吸について. 園芸学会雑誌, **52**, 78-84 (1973)
- 20) 中村三夫 : カキのヘタの生理学的研究. 岐阜大学農学部研究報告, **23**, 1-62 (1967)
- 21) 中村三夫・福井博一 : カキの生理生態と栽培新技術. pp. 61-104, 誠文堂新光社, 東京 (1994)
- 22) 中野龍平・米森敬三・杉浦 明 : カキ果実の生長第 3 期におけるシンク力に対する果実呼吸の役割. 園芸学会雑誌, **65** (別 1), 72-73 (1996)
- 23) Nakano, R., K. Yonemori and A. Sugiura : Photosynthesis by calyx lobes has no contribution to early fruit development in persimmon. Acta Hort., **436**, 345-353 (1997)
- 24) Nakano, R., K. Yonemori and A. Sugiura : Fruit respiration for maintaining sink strength during final swell at growth stage III of persimmon fruit. J. Hort. Sci. Biotech., **73**, 341-346 (1998)
- 25) 中野龍平・米森敬三・杉浦 明・板井章浩 : カキ果実の生長第 3 期における呼吸上昇と果実肥大との関連について. 園芸学会雑誌, **64** (別 1), 182-183 (1995)
- 26) Nakano, R., K. Yonemori, A. Sugiura and I. Kataoka : Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. Acta Hort., **436**, 203-214 (1997)
- 27) 新居直祐 : カキ '富有' 果実の肥大生長と果柄部維管束の発達について. 園芸学会雑誌, **49**, 160-170 (1980)

- 28) 小川晋一郎・佐藤 周・黒柳栄一・吉田智也・寿松本章・間苧谷徹：カキ‘富有’の成熟に及ぼすエチレンの影響，園芸学会雑誌，**60**（別2），142-143，（1991）
- 29) Povel, E. W. and T. M. DeJong：Seasonal CO₂ exchange patterns of developing peach (*Prunus persica*) fruits in response to temperature, light and CO₂ concentration, *Physiol. Plant.*, **88**, 322-330（1993）
- 30) 傍島善次・石田雅士・稲葉昭次・堀口尚男：カキ果実の発育に関する研究（第1報）幼果中のサイトカイニン活性について，園芸学会雑誌，**43**，224-228（1974）
- 31) 傍島善次・石田雅士・稲葉昭次・増田敬治：カキ果実の発育に関する研究III，同化産物の転流ならびに蓄積について，京都府立大学学術報告（農学），**28**，18-23（1976）
- 32) 高田峰雄：カキおよびトマト果実の生育ならびに成熟に伴う呼吸の変化，園芸学会雑誌，**36**，95-100（1967）
- 33) 高田峰雄：発育ステージの異なるカキ果実の呼吸，エチレン生成及び成熟に対するエチレン処理の影響，園芸学会雑誌，**51**，203-209（1982）
- 34) 高田峰雄：種々の発育段階で採取したカキ果実の呼吸，エチレン生成および成熟，園芸学会雑誌，**52**，78-84（1983）
- 35) 鄭 国華：カキ果実の発育ならびに成熟に関する研究—とくに温度条件と生長調節物質との関連において，京都大学学位論文（1989）
- 36) 渡部俊三・星 光興：カキ‘平核無’の生育と結果に関する研究(2)がくに関する組織学的観察，山形大学紀要（農学），**8**，665-681（1981）
- 37) 安延義弘：植物調節剤によるカキ果実の熟期調節（第2報）エスレル処理による‘富有’の熟期促進効果，神奈川県園芸試験場研究報告，**23**，24-31（1976）
- 38) Yonemori, K., K. Hirano and A. Sugiura：Growth inhibition of persimmon fruit caused by calyx lobe removal and possible involvement of endogenous hormones. *Scientia Hort.*, **61**，37-45（1995）
- 39) Yonemori, K., A. Itai, R. Nakano and A. Sugiura：Role of calyx lobes in gas exchange and development of persimmon fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **121**，676-679（1996）
- 40) Walker, A. J. and L. C. Ho：Carbon translocation in the tomato：Effect of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation, *Annals of Botany*, **41**，825-832（1977）